

PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO EM TRATAMENTO DE ESGOTO NA COSTA PAULISTA

Emilia Arasaki¹; Jayme Pinto Ortiz².

¹ *Bióloga, Doutoranda em Engenharia Hidráulica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Mello Moraes, 2231*

Fone: +55 11 3091-5510, ramal 219. e-mail: earasaki@usp.br

² *Professor, Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, e-mail: jportiz@usp.br*

RESUMO

O presente estudo mostra um processo de tomada de decisão entre os dois sistemas predominantes no litoral paulista: estação de tratamento de esgoto com processo de lodos ativados em batelada e estação de pré-condicionamento com emissário submarino. Um levantamento de custo benefício dos dois sistemas empregados, além de critérios de emissão de poluentes adotados pela U.S.EPA e a Comunidade Européia foram estudados para se averiguar a possibilidade de adoção de tais critérios para o litoral de São Paulo. Um monitoramento foi realizado na região do emissário de Praia Grande, litoral sul do Estado, para detectar a pluma do efluente e testar os critérios para a determinação da zona de mistura através do uso de modelagem. O desenvolvimento do processo proposto visa gerar uma estrutura que contemple e integre os principais parâmetros para o saneamento ambiental.

ABSTRACT

The present study shows a decision making process between two predominant systems in the São Paulo coast: waste water treatment plant operated with sequencing batch reactor and pre-conditioning plant with submarine outfall. A cost benefit survey of the two systems, beyond criteria of emission of pollutants adopted for the U.S.EPA and the European Community had been carried through to inquire the possibility of adoption of such criteria for the São Paulo coast. A monitoring was realized in the region of the Praia Grande outfall, coastal south of the State, to detect the effluent plume and to test the criteria for the determination of the mixing zone through the modeling use. The development of the considered process aims to generate a framework that contemplates and integrates the main parameters for the environmental sanitation.

Palavras-Chave: emissário submarino, ETE LAB, Estado de São Paulo

1. INTRODUÇÃO

O aumento da poluição em áreas costeiras urbanas nos últimos anos tem sido um dos maiores problemas enfrentados pela Engenharia Ambiental no Brasil. A zona costeira do Estado de São Paulo encontra-se no centro deste debate, pois está situada entre dois dos maiores centros urbanos do país (São Paulo e Rio de Janeiro), com mais de 500 km de extensão de costa, não tendo até o momento uma política ambiental claramente definida e que permita a preservação dessa região.

Sete emissários submarinos e doze estações de tratamento de esgoto doméstico (ETEs) foram projetados e estão em operação no litoral paulista. Todavia, há necessidade de se avaliar as vantagens e desvantagens de cada solução, o tipo e o grau de efetividade de tratamento, a relação custo-benefício e os impactos ambientais de cada solução. Poluentes orgânicos despejados através de emissários submarinos com projetos mal definidos, podem causar problemas substanciais de poluição na área entorno, apesar da grande capacidade do oceano em diluir e dispersar tais efluentes.

O processo por lodo em batelada (LAB) empregado em ETEs é comumente utilizado em países desenvolvidos como a Austrália, Japão e Estados Unidos como forma de tratamento de esgotos de pequenas e médias comunidades. Segundo Kamiyama e Tsutiya (1992), o LAB caracteriza-se por realizar as etapas de depuração num mesmo tanque reator (reação + decantação + drenagem do efluente) dispensando-se as unidades como os decantadores e

elevatórias para recirculação de lodo, assim como os equipamentos eletromecânicos necessários para essas unidades. A maior vantagem do processo está na flexibilidade operacional, que permite considerável economia nos custos de energia elétrica. Quanto às desvantagens, pode-se citar o alto nível de sofisticação de controles utilizados e sua intensiva manutenção, quando comparado com outros sistemas convencionais (U.S. EPA, 1999).

Embora a resolução N° 20 do CONAMA se refira a preservação da zona costeira, não é clara em termos de critérios quanto à definição do comprimento legal da zona de mistura, quando do lançamento de descargas oceânicas. A implantação de emissários submarinos na costa brasileira e, em particular na costa paulista, não segue nenhum critério de sistematização de projeto. Os emissários têm sido projetados e construídos por diferentes empresas privadas, nacionais e estrangeiras, muitas vezes sem uma visão sistêmica do processo de gestão e cuja base de dados de projeto é insuficiente. Os emissários da Baixada Santista têm-se baseado no levantamento de campo da empresa Hidroconsult da década de 1980, que foi o último levantamento de porte, específico para o fornecimento de dados ao projeto de emissários, mas que não pode ser estendido a qualquer região do litoral paulista, como tem sido a tendência hoje, em que os recursos não são alocados para os trabalhos de campo.

O presente estudo iniciou-se como parte do projeto de pesquisa denominado "Sistematização de Projetos de Emissários Submarinos" (proc. CNPq n° 463552/00-8),

desenvolvendo esta questão a partir de dados *in situ* e disponíveis em literatura, avaliando as atuais condições em que se encontra o esgotamento sanitário no litoral do Estado de São Paulo. A partir de 2002, deu-se continuidade ao tema através do projeto intitulado “Desenvolvimento de Tecnologia para o Saneamento Ambiental da Costa Paulista: desenvolvimento de metodologias para planejamento e projeto de difusores de emissários submarinos para descarga de esgotos” (Projeto CAPES/DAAD/Probral n° 139/02).

O tema surgiu a partir da necessidade de se estabelecer diretrizes para o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – PEGC, parte integrante do PNGC (Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro). O presente trabalho visa estabelecer critérios para uma tomada de decisão no que se refere aos sistemas de tratamento de esgoto que atendam às características ambientais da zona costeira paulista, além de apontar as ferramentas necessárias para o gerenciamento do esgotamento sanitário. Deste modo, os objetivos são os seguintes: a) disponibilizar informações para a escolha entre estações de tratamento de esgotos (ETE) operados pelo processo de lodo ativado por batelada – LAB (o tratamento mais comumente empregado) e emissários submarinos acoplados a estações de pré - condicionamento (EPC); b) estabelecer critérios técnicos para o monitoramento de descargas oceânicas; c) avaliação de normas internacionais que possam ser adaptadas para as normas brasileiras na questão da qualidade da água no entorno de emissários.

Para isto, as seguintes estratégias foram estabelecidas: 1-Levantamento de custos da EPC e emissário; 2-Levantamento de custos de ETES operadas com tratamento de lodos ativados em batelada; 3-Avaliação de custo - benefício para o condicionamento EPC e emissário e ETE operada em batelada; 4-Monitoramento das condições ambientais no entorno de um emissário submarino, obedecendo a um plano amostral de dados físico - químicos e biológicos com o intuito de se avaliar a eficácia na dispersão de uma pluma de efluente; 5-Avaliação de normas internacionais existentes para a delimitação da zona de mistura, permitindo a definição da qualidade da água no entorno dos emissários.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E CUSTOS DE ETES E EMISSÁRIOS

O estudo aqui apresentado é baseado nos projetos planejados pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) para o ano 1997 (ETEs) e 2020 (ETEs e emissários) e um estudo feito pelo Japan Bank for International Cooperation (JBIC) para 2006 (ambos os sistemas). Os custos não incluem taxas ou impostos. Comparações entre os valores foram feitas considerando o período e relacionando com a população e vazão (quando possível), de acordo com o tipo de custo (construção ou operação e manutenção - O & M). Os dados aqui apresentados referem-se somente à implantação de ETE ou emissário submarino, excluindo a rede de coleta. O resultado dos custos pode ser observado na tabela 1.

Os custos até aqui levantados foram comparados com os dados de custos de tratamento de esgotos apresentados

no Programa Nacional de Despoluição de Bacias Hidrográficas da Agência Nacional de Águas (ANA), sendo que o padrão de eficiência similar ao padrão encontrado para o processo LAB é o item C. Em geral, o montante a ser desembolsado em uma obra de emissário é muito maior quando comparado a um projeto de ETE, sendo que neste último, a obra poderá ser construída em etapas, atendendo à demanda populacional. Contudo, ao verificarmos os valores *per capita* de referência (conforme o padrão sugerido pela ANA) entre uma ETE LAB com o de um emissário submarino com EPC, os custos por habitante são menores para a disposição oceânica, como mostra a tabela. Embora em apenas três segmentos populacionais seja possível observar os valores entre a ETE LAB e emissário, nota-se uma tendência de diminuição do valor *per capita* à medida que aumenta a população equivalente.

As vantagens e desvantagens de ambos os sistemas são baseadas em estudos da SABESP (2000), Knill (1984) e Salas (2000) e estão resumidas nas tabelas seguintes (Tabelas 2 a 4).

Tabela 1 – Comparação entre ETE LAB e Emissário com EPC

Indicador	Padrões de Eficiência para Tratamento de Esgotos (em níveis mínimos de abatimento das cargas poluidoras afluentes)			
	C	ETE LAB	emis.+EPC	
DQO	80%	80-85%	-	
DBO	85%	80-95%	25-30%	
SS	90%/60%	80-90%	25-30%	
CF	99,9999%	98%	99,9999%	
Pt	-	10-25%	-	
Nt	-	15-50%	-	
População Equivalente	HAB	Valores per capita de referência (R\$/hab)		
	Até 10.000	85	168,89	-
	Até 20.000	80	165,65	-
	Até 50.000	75	158,28	56,41*
	Até 100.000	70	153,43	135,35**
	Até 200.000	65	-	83,01***
	Mais de 200.000	65	141,66	75,16****

Fonte: modificado ANA (2001)

*Emissário de Itaquanduba (Ilhabela)

**Emissários de Peruíbe e Bertioiga

*** Emissário de Itanhaém – margem direita

*** Emissários de Mongaguá e Praia Grande 3

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens de ETE operada em sistema LAB

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • A implantação é por módulos, evitando o aporte de recursos numa única etapa; • É amplamente utilizado no litoral paulista; • Oferece grande flexibilidade de operação, podendo atender a sazonalidade da população. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande consumo de energia elétrica; • Implica na geração de lodo, havendo a necessidade de transporte e disposição final (o lodo é adensado e encaminhado para desidratação em centrífugas); • Necessita de grande área para implantação, e parte acaba em ociosidade até a fase de complementação.

Fonte: Plano Diretor (SABESP, 2000)

Tabela 3 – Vantagens e desvantagens de emissário submarino com EPC

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Não gera lodo; • Pequena área para implantação; • Grande facilidade de operação; • Baixo consumo de energia elétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação em uma única etapa, requerendo um grande aporte de investimento inicial; • Durante a construção gera impactos como poeira, excesso de ruído, interdição de vias públicas para a implantação da parte terrestre; • No processo de peneiramento há a produção de resíduos, necessitando de transporte e disposição no aterro.

Fonte: Plano Diretor (SABESP, 2000)

Tabela 4 – Emissário submarino (vantagens e desvantagens associadas à sua implantação)

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> a- eficiência na disposição e tratamento do esgoto; b- não causa poluição visual e problemas de odor; c- custo de capital/hab. menor; d- custo de manutenção/hab. menor; e- requer menor área para a parte terrestre do emissário; f- requer poucos funcionários para a operação; g- gasto menor em energia elétrica; h- requer pouca manutenção; i- não há problemas em relação à disposição de lodo. 	<ul style="list-style-type: none"> a- dificuldade na construção do emissário; b- danos estruturais podem ser difíceis de reparar; c- pode oferecer riscos para a navegação e pesca; d- é difícil detectar descargas tóxicas ilegais; e- pode resultar em perda potencial da qualidade de água; f- requer estudos extensos antes da construção; g- pode reunir objeções de ambientalistas e outros grupos.

Modificado de Knill, 1984

MONITORAMENTO DE PLUMA DE EMISSÁRIO

Para a determinação de uma pluma de efluente, primeiramente foi realizada uma coleta sobre o emissário submarino do subsistema 1 de Praia Grande, litoral sul de São Paulo, com o auxílio da Marinha do Brasil. A metodologia utilizada para a localização foi desenvolvida por Arasaki e Ortiz (2001) e uma metodologia similar foi adotada para o monitoramento realizado pela CETESB em fevereiro de 2002, na mesma área do emissário de Praia Grande, de acordo com Arasaki *et al.* (2003). A figura 1 mostra a visualização tridimensional dos valores de salinidade, usando o módulo de avaliação do programa Tecplot, versão 9.0.

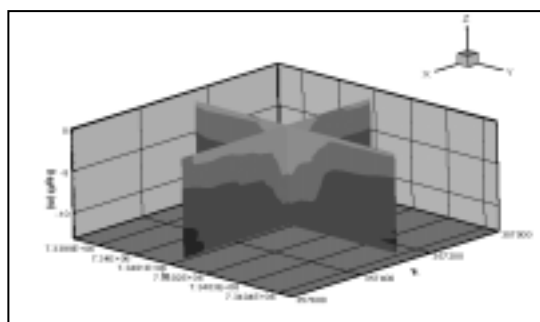


Figura 1 – Intersecção das fatias XZ e YZ, mostrando o formato da provável pluma do emissário

GERENCIAMENTO AMBIENTAL INTEGRADO: ADOÇÃO DE MEDIDAS E PADRÕES PARA O TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE ESGOTOS

Neste presente item são discutidas as principais medidas adotadas pelos órgãos ambientais e/ou comunidades internacionais, visando estabelecer normas e critérios para o controle da emissão de efluentes, especialmente no que se refere aos oriundos do esgotamento sanitário.

Estados Unidos

Em 1972, o Congresso americano aprovou o chamado Federal Water Pollution Control Act, comumente conhecido como Clean Water Act (CWA). Essa legislação abrange vários programas de controle da poluição, dentre elas o National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES), que regula todas as descargas pontuais (tanto as descargas municipais como de instalações industriais através de tubos, canais, extravasores, etc) em águas dos Estados Unidos.

Devido à complexidade e importância ecológica dos ecossistemas marinhos, as descargas devem também cumprir a seção 403 da CWA, que trata especificamente sobre os impactos advindos de fontes pontuais sobre os recursos marinhos. Para implementar a seção 403, a EPA desenvolveu os princípios para a descarga oceânica (Ocean Discharge Guidelines, 40 CFR Parte 125, Subparte M, de 03 de outubro de 1980), nos quais especificam os fatores ecológicos, sociais e econômicos que deverão ser utilizados para a emissão da licença, quando da avaliação do impacto de uma descarga. Dentre as definições está o da zona de mistura que significa “a zona que se estende a partir da superfície até o leito marinho, expandindo-se

lateralmente até a uma distância de 100 m em todas as direções a partir do ponto de descarga ou até o limite da zona de diluição inicial, calculado através de um modelo de pluma aprovado pelo responsável (pela licença), a menos que este determine uma zona de mistura mais restritiva ou outra definição de zona de mistura mais apropriada para uma descarga específica”.

A problemática do Mar Mediterrâneo

A região do Mar Mediterrâneo tem recebido descargas de esgoto doméstico e industrial cujo clímax ocorreu na década de 1970, obrigando os países a discutirem adoções de medidas. O resultado foi a criação do programa Mediterranean Action Plan, cujos membros são todos os governos que possuam áreas costeiras na região do Mediterrâneo, convocado pela UNEP (United Nations Environment Programme). Um dos desdobramentos dessa ação foi dar início a um plano de controle da poluição que culminou com a elaboração de linhas diretivas para emissários submarinos (UNEP/WHO, 1996a) e guideline para licença de descargas de esgotos líquidos na área em questão (UNEP/WHO, 1996b). Os documentos consideram todos os instrumentos legais anteriormente elaborados pela Convenção de Barcelona e as emendas a ela incorporada, particularmente a Declaração de Gênova de 1985, que recomenda a utilização de estações de tratamento de esgoto para cidades com mais de 100.000 habitantes e emissários apropriados ou estações de tratamento para cidades com mais de 10.000 habitantes. Descarga oceânica é a maneira mais comum para a disposição final de esgotos de comunidades costeiras, assim como de zonas industriais no Mediterrâneo. Em pequenas e médias comunidades os esgotos não tratados são despejados através de tubulações. As conseqüências em forma de poluição local do mar são consideráveis. Para reverter essa situação e visando atender a Declaração de Gênova, é possível utilizar emissários submarinos, dando adequado tratamento ou um alto grau de tratamento (UNEP/WHO, 1996a).

A reunião de consulta sobre guidelines para emissários submarinos no Mediterrâneo realizado em 1989, propôs que o projeto e modelagem de emissários para descarga de esgotos domésticos devem considerar a amplitude da área afetada e a delimitação de uma faixa de proteção com 300 m de largura, paralelo à linha de costa ou da região comprometida. Essa faixa conteria a área de diluição do efluente e nenhuma outra descarga deverá ser feita. Para os propósitos de modelagem, critérios de qualidade de água deverão ser aplicados no lado externo da borda dessa faixa. Esses critérios também podem ser utilizados como ferramentas para o controle e avaliação da eficiência de emissários, estando incluídos como padrões do efluente de esgoto doméstico.

Outros parâmetros podem ser medidos em situações especiais quando os recursos disponíveis ou a fragilidade das áreas impactadas permitem e requeiram uma análise mais detalhada, embora nem sempre sejam usados em processos computacionais propostos pelo guideline (1996a):

- Medidas contínuas de correntes;

- Coeficientes de dispersão;
- T90 para coliformes fecais e estreptococos fecais;
- Perfil de temperatura;
- Populações bêmicas.

A extensão e o detalhamento dos estudos para identificar e medir essas características dependerá do tamanho do emissário e das condições do entorno. A metodologia prescrita no guideline para a utilização desses parâmetros, embora específica para o Mar Mediterrâneo, descreve alguns tópicos a serem considerados e que poderão ser conduzidos em outras áreas.

ANÁLISE DOS FATORES INTERVENIENTES NUMA PLUMA DE ESGOTO E USO DE MODELAGEM

De maneira sucinta, os fatores oceanográficos relevantes que devem ser monitorados antes e após a implantação de um emissário, principalmente quando da formação e dispersão do esgoto são: densidade, ventos, ondas, marés, correntes. As simulações realizadas por Batisptelli (2003), utilizando a base de dados existentes no Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, mostram que a região de estudo (Praia Grande) apresenta influência acentuada do vento na circulação hidrodinâmica.

Para a modelagem realizada com o programa especialista CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System) utilizou-se dados coletados em abril/1999, conforme descrito em Arasaki e Ortiz (2001). O CORMIX é usado em todo o mundo em projetos de engenharia e pesquisa, especialmente como uma ferramenta para a tomada de decisão no planejamento e projeto de alternativas de emissários e difusores. A figura 2 mostra o resultado da simulação com esses dados, utilizando-se o parâmetro Fósforo total = 0,03 mg/l (valor médio do preconizado pelo guideline da UNEP/WHO) e largura da zona de mistura = 100 m. O valor médio de Fósforo presente no efluente foi de 3 mg/l (segundo Metclaf e Eddy, 1991). Verifica-se dessa forma que, para uma situação de baixa temporada, a pluma alcançaria a superfície do mar e permaneceria até a sua dispersão. A descarga do efluente atenderia ao padrão prescrito pelo órgão ambiental a partir de 3,10 m da saída dos difusores, com a zona de mistura com largura de 100 m (largura menor que a média sugerida pelo guideline UNEP/WHO que é de 300 m) e comprimento total de 2000 m.

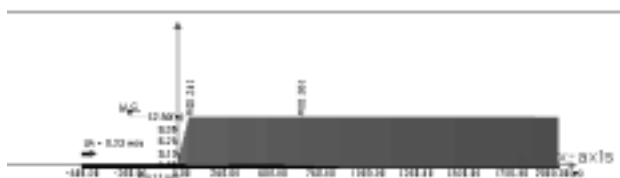


Figura 2 – Simulação realizada no CORMIX, vista lateral para o parâmetro fósforo total

Em linhas gerais, o processo para a tomada de decisão no contexto do saneamento ambiental deve contemplar

ferramentas como o custo-benefício, abordando todos os parâmetros (população-equivalente, fisiografia da costa, aspectos hidrodinâmicos da região onde será implantada, dentre outros) assim como o monitoramento (e possíveis parâmetros a serem monitorados) e modelagem. No caso específico para os emissários, faz-se prioritário detectar a pluma e visualizá-la através de software apropriado, levando-se em consideração a necessidade de localização espacial do evento.

AGRADECIMENTOS

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, projeto No. 139/02 e ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, projeto No. 463552/00-8.

O primeiro autor agradece também a concessão de bolsa de doutoramento pelo CNPq (proc. 140557/99-7) e bolsa-sanduíche pela CAPES (proc. BEX0458/02 – 3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (2001). Programa Nacional de Despoluição de Baías Hidrográficas. (www.ana.gov.br).
- ARASAKI, E.; ORTIZ, J.P. (2001) Diagnosis for knowing submarine outfall plume dispersion. XXIX IAHR Congress, 16-21 de setembro, Beijing, China. Tema D, vol. I, 358-363.
- ARASAKI, E.; ORTIZ, J.P.; LAMPARELLI, C. C.; BEVILACQUA, J. E.; BRESSAN JR., H. (2003). Preliminary characterization of Submarine Outfalls in Operation at São Paulo State Coast, Southeastern Brazil. XXX IAHR Congress, 25-29 de agosto, Thessaloniki, Grécia. Tema A.
- JBIC (Japan Bank for International Cooperation); SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) (2001). Minutes of discussions on sanitation improvement project for Baixada Santista Metropolitan region between Japan Bank for International Cooperation and Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, fevereiro 2001.
- KAMIYAMA, H.; TSUTIYA, M. T. (1992) Lodo ativado por batelada: um processo econômico para o tratamento de esgotos em estações de grande porte. Revista DAE, v.165, p.1-7.
- KNILL, M. W. (1984) Outfalls versus Inland Treatment. The Public Health Engineer, 12(2), April 1984
- METCALF; EDDY (1991). Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse, 3rd ed. Singapore: McGraw-Hill Book Co, 1334 p.
- SABESP (1997). Estações de tratamento de esgotos. Curvas de custo de investimento. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, dezembro 1997.
- SABESP (2000). Plano Diretor de tratamento e disposição final dos esgotos dos municípios da Baixada Santista. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, junho 2000.
- SALAS, H. (2000) Emisarios Submarinos: Alternativa viable para la disposición de aguas negras de ciudades

costeras en América Latina y Caribe. Lima, CEPIS, OPS/CEPIS/PUB/00.51. (www.cepis.ops-oms.org/bvsaca/e/dispagua.html)

- U. S. EPA. United States Environmental Protection Agency. (1999) Wastewater Technology Fact Sheet: Sequencing Batch Reactors. s. L.. (EPA 932-F-99-073).Disponível em: http://www.epa.gov/owmitnet/mtb/sbr_new.pdf >